

Attorney Docket No. 826.1940

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Fumio FUTAMI et al.

Application No.:

Group Art Unit:

Filed:

Examiner:

For: MULTI-WAVELENGTH LIGHT SOURCE APPARATUS

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2003-302727

Filed: August 27, 2003

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: 3/26/04

By: Richard A. Golhofer
Richard A. Golhofer
Registration No. 31,106

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the
following application as filed with this office.

Date of Application: August 27, 2003

Application Number: Patent Application No. 2003-302727
[ST.10/C] [JP2003-302727]

Applicant(s): FUJITSU LIMITED

February 19, 2004

Commissioner,
Japan Patent Office Yasuo IMAI

Certificate No. P2004-3011326

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年 8月27日

出願番号 Application Number: 特願2003-302727

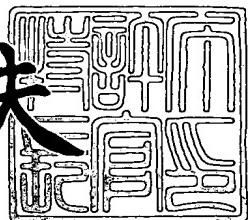
[ST. 10/C]: [JP2003-302727]

出願人 Applicant(s): 富士通株式会社

2004年 2月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3011326

【書類名】 特許願
【整理番号】 0253923
【提出日】 平成15年 8月27日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04B 10/04
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社
 内
【氏名】 二見 史生
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社
 内
【氏名】 渡辺 茂樹
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社
 内
【氏名】 瀧田 裕
【特許出願人】
【識別番号】 000005223
【氏名又は名称】 富士通株式会社
【代理人】
【識別番号】 100074099
【住所又は居所】 東京都千代田区二番町8番地20 二番町ビル3F
【弁理士】
【氏名又は名称】 大菅 義之
【電話番号】 03-3238-0031
【選任した代理人】
【識別番号】 100067987
【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区北寺尾7-25-28-503
【弁理士】
【氏名又は名称】 久木元 彰
【電話番号】 045-545-9280
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 012542
【納付金額】 21,000円
【その他】 国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成14年度経済産業省「フォトニックネットワーク技術の研究開発」委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの）
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9705047

【書類名】特許請求の範囲**【請求項1】**

光パルス列を出力する光パルス光源と、
該光パルス光源からの光パルスの形状を三次以上のスーパガウス型に整形する光パルス整形手段と、
該整形された光パルスからなる光パルス列のスペクトルを拡大するスペクトル拡大手段と、
該スペクトルが拡大された光パルス列から各周波数の光を分離する光分離手段と、
を備えることを特徴とする多波長光源。

【請求項2】

前記スペクトル拡大手段は、スペクトルの拡大を、非線形媒質としての光ファイバを利用して行うことを特徴とする請求項1に記載の多波長光源。

【請求項3】

前記スペクトル拡大手段は、スペクトルの拡大を、非線形媒質としての高非線形ファイバあるいはホーリーファイバを利用して行うことを特徴とする請求項1に記載の多波長光源。

【請求項4】

前記光パルス整形手段は、
光パルス列をフーリエ変換する波長分波器と、
フーリエ成分の強度、あるいは強度および位相を制御する空間変調器と、
空間変調された光を合波する波長合波器と、
を備えることを特徴とする請求項1に記載の多波長光源。

【請求項5】

前記波長分波器及び前記波長合波器は、回折格子、あるいは、アレイ導波路格子型フィルタであることを特徴とする請求項4に記載の多波長光源。

【書類名】明細書

【発明の名称】多波長光源装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、周波数間隔が等しい多波長光源を簡易に生成する方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

波長多重（WDM：Wavelength Division Multiplexing）光ファイバ通信システムの信号光波長は、ITU-Tの勧告により、定められた周波数グリッドに配置するように規定されているため、このグリッド上で発振するように、絶対波長を精密に制御しなければならない。

【0003】

単一波長レーザを必要なチャネル数だけ準備する方法は、第一に、監視・制御が煩雑になる。第二に、波長数すなわちチャネル数が多くなれば装置の大型化が避けられない。

これらの問題を解決する手法として、図4に示すように、変調により生じた縦モード成分を分離して、多波長光源にする手法がある（非特許文献1参照）。縦モードとは、変調によって生じるスペクトル成分であり、変調光のスペクトルを分解能が低いスペクトルアナライザで変調光のスペクトルを見ると、緩やかな山状の形状をしているものが、分解能の高いスペクトルアナライザで見ると山状のスペクトルが、実は、スペクトル幅の狭い多くのスペクトル成分からなっていることがわかる。このような変調光のスペクトルを構成するスペクトル幅の狭い各スペクトル成分を縦モード成分と呼ぶ。

【0004】

図4においては、繰り返し周波数が f_0 Hzの光パルス列を出力するパルス光源10からの光パルス列が変調アレイ11に入力される。波長分波器11-1では、光パルス列の縦モード成分を分離し、各波長の光としてから、変調器11-3で変調して、信号を載せ、その後、波長合波器11-2でこれらの変調光を合波して、送出する。

【0005】

この手法の別の特徴は、非線形媒質中で生じる非線形効果によるスペクトル拡大を利用して、チャネル数を増やせる点である。

【0006】

また、従来の多波長光源としては、特許文献1や特許文献2に記載されたものがある。特許文献1の技術においては、変調光から得られる縦モード成分を分波して各波長の光源としている。特許文献2では、光パルス列を生成する光源からの光パルス列を分散が平坦化された光ファイバに通し、非線形効果によってスペクトルの幅を広げ、この広げられたスペクトルから縦成分を抽出するというものである。

【特許文献1】特開2001-264830号公報

【特許文献2】特開2002-236301号公報

【非特許文献1】IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 9, NO. 6, JUNE 1997,
pp. 818-820

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

図5は、従来の別の多波長光源を使った光送信装置の構成例及びスペクトル形状を示す図である。

【0008】

図5(a)においては、パルス光源15が繰り返し周波数 f_0 Hzの光パルス列を出力し、スペクトル拡大装置16において、光パルス列のスペクトルの拡大を行い、変調アレイで、各縦モード成分毎に変調をかけ、利得等化器18で、各波長の利得を平坦化する。

【0009】

前述の通り、光スペクトルの縦モード成分を狭帯域フィルタで抜き出すことにより、複数の単一波長光源を作り出すことができるが、図5に示す別の従来技術では、拡大後の光スペクトルは平坦性が悪く、各単一波長のパワーが大きくばらついてしまう。

【0010】

一例として、ガウス型のパルスを用いてスペクトルを拡大した場合のスペクトルを図中(b)に示す。横軸は波長で、縦軸はパワーを線形スケールで表示している。このスペクトルは、縦モード成分のピークを結んだ包絡線の形状を示している。すなわち、分解能の低いスペクトルアナライザで見たスペクトルを示している。このスペクトルからわかるとおり、波長により数倍程度パワーが異なる。そのために、実用的な多波長光源を作り出すことが困難であり、実際に、この多波長光源をWDM通信システムに応用するためにはチャネル間のパワー差を等化する利得等化器を組み込まなければならない。利得等化器は、一番パワーの低い波長に、他の波長のパワーを合わせるので、もともとパワーの大きかった波長の光を損失させることになるので、光パワーのロスが大きくなり、光信号対雑音比も劣化してしまう。

【0011】

本発明の課題は、複数個の単一波長光原を得ることが出来、各波長の出力パワーが同程度の多波長光源を実現する方法及び装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の多波長光源は、光パルス列を出力する光パルス光源と、該光パルス光源からの光パルスの形状を三次以上のスーパガウス型に整形する光パルス整形手段と、該整形された光パルスからなる光パルス列のスペクトルを拡大するスペクトル拡大手段と、該スペクトルが拡大された光パルス列から各周波数の光を分離する光分離手段とを備えることを特徴とする。

【0013】

本発明では、光パルス列の各パルスの形状を三次以上のスーパガウス型としたので、スペクトル拡大した後に得られるスペクトルは良い平坦性を有し、強度の均一な複数の波長の光を提供することが出来る。

【発明の効果】

【0014】

本発明による多波長光源は、平坦なスペクトルを生成することが可能で、これを用いて利得等化をすることなく複数の単一波長光原を提供することを可能とする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本発明の実施形態においては、次の手段により課題を解決する。すなわち、スペクトル拡大後の各波長のパワーが等しくなるように、スペクトルを拡大する対象である、変調によって得られたパルス波形列の各パルスの形状を適当な形状にする。具体的には、パルスを三次以上のスーパガウス型の波形とし、その後にスペクトル拡大することで、各波長のパワーが同程度の多波長光源の実現が可能となる。

【0016】

なお、以下の実施形態の説明においては、主に三次のスーパガウス型の波形をしたパルスを使用した多波長光源について説明するが、これらは全て、三次以上のスーパガウス型パルスにも適用可能である。

【0017】

図1は、本発明の実施形態の基本構成を示す図である。

【0018】

図1(a)に示すように、パルス光源20で三次スーパガウス型のパルスを生成し、スペクトル拡大装置21の非線形媒質中でスペクトルを平坦に拡大し、変調アレイ22において、波長ごとに分波、データ変調後、再び全波長を合波する。図1(b)の光スペクトルは三次スーパガウス型パルスが非線形媒質中で拡大したものを見ている。なお、この

図においても、スペクトルは、縦モード成分のピークを結んだ包絡線の形状を示しており、各縦モード成分は示されていない。図1（b）のスペクトルは、図5（b）と比較して平坦特性を有していることから、三次のスーパガウス型パルス（あるいは三次以上のスーパガウス型パルス）を使用することによって、各波長に分波するとパワーが同程度の光源が得られる事がわかる。

【0019】

パルス光源としては、半導体モード同期レーザ、ファイバリングレーザ、半導体リングレーザ、電界吸収型変調器を用いたパルス光源などがあるが、これらに限定するものではない。通常、これらのパルス光源から出力されるパルスは、ガウス型もしくはsech型をしている。そのために、光源では、これらのパルスを三次のスーパガウス型のパルス波形に整形するパルス整形器が必要になる。多波長光源を生成するためこのパルス光源には、効率よく広帯域の波長帯をカバーするために、数ピコ秒程度の短パルスが用いられる。これは電子回路の動作速度より速いので、電気的な操作方法では追従することが出来ない。しかし、パルス整形器は、光信号のままで、周波数領域で波形整形するものを用いることが可能になる。例えば、液晶空間光変調器（LC-SLM）を用いたパルス整形器があり、三次のスーパガウス型パルスを生成することができる。

【0020】

図2は、液晶空間光変調器の基本構成を示す図である。

【0021】

最初に、被整形パルスは回折格子30で各周波数に分光されて、凸レンズ31でフーリエ平面に焦点を結ぶ。透過する光の強度と位相を変調できるLC-SLM32をフーリエ平面上に複数個並べて置いておくと、周波数領域でパルス全帯域の強度と位相を操作することができる。操作後は、再び凸レンズ33と回折格子34で逆フーリエ変換して、時間領域に戻すことができる。本波形整形器の原理の詳細については、文献「Opt. Lett. vol. 15, pp. 326-328, 1990」を参照されたい。原理的には、回折格子30でフーリエ分解された光の各波長の光を液晶空間光変調器に通して、波長毎に、適切な強度と位相を与え、これらを回折格子33で逆フーリエ変換して時間軸上の波形として戻すと、好ましい波形が得られると言うものである。どのように波長毎に強度と位相を調節するかは、好ましい波形を数学的に表現し、これをフーリエ変換して各周波数あるいは波長の成分の強度や位相を計算し、これに基づいて、液晶空間光変調器を制御する。

【0022】

フーリエ平面上において、光分解能は回折格子の特性、光のビーム径及び回折格子への入射角できまる。この光分解能と液晶空間変調の幅で決定される分解能の値で大きいほうが、このフーリエ変換の分解能になる。一方、帯域は、凸レンズの焦点距離と回折角で一意に決定される。

【0023】

図3は、式の中に出てくる記号の意味を説明する図である。

【0024】

具体的には、回折格子等により決まる分解能 ($\delta\lambda$) 及び帯域 ($\Delta\lambda$) は次式で表せる。

【0025】

【数1】

$$\frac{\lambda}{\delta\lambda} = mN \frac{R}{\cos\theta}$$

$$\Delta\lambda = 2F\Delta\psi$$

【0026】

ここで、 λ は光の波長、 R は光のビーム径、 θ は回折格子への入射角をあらわしている。Nは回折格子の溝本数（単位長さ当たり）、mは回折格子の次数で通常±1の値を取る。

。Fは凸レンズの焦点距離を示す。図3からわかるように、 Ψ （-）は、回折格子によって反射された光の中心の角度を回折格子の法線から測った角度である。角度の向きは、負の方向となっている。 $\delta\Psi$ は、反射光の中心からのズレを角度で測ったものである。 θ （-）は、入射光の入射角を回折格子の法線から測ったものであり、角度の方向としては負の方向となっている。 $\Delta\Psi$ は、回折格子によってスペクトル分解され反射された光の広がり角度を示す。

【0027】

溝本数の多い回折格子を用い、その上、入射角を制御し $\cos\theta$ を小さな値にすれば、サブnmの分解能を達成できる。一方、液晶変調器の幅が0.01nmで128個並べたものがあるので、ピコ秒程度の帯域の光電界を操作することが可能である。

【0028】

所望の三次スーパガウス型パルスの電界を $E_{m=3}(t)$ とすると、LC-SLMで与える伝達関数 $T(\omega)$ は、以下の式とすればよい。

【0029】

【数2】

$$T(\omega) = \frac{\tilde{E}_{m=3}(\omega)}{\tilde{E}_0(\omega)}$$

【0030】

ここで、～はフーリエ変換、 $E_0(t)$ は入射パルス波形を表す。

【0031】

別の方法として、プレーナ光回路（PLC：Planar Lightwave Circuit）を用いてフーリエ変換する方法もある。この場合、回折次数の大きな回折を実現できるので、コンパクトな構成でフーリエ変換が可能となる。詳細は参考文献「Y. Inoue, et al., IEEE Photonics Technology Letters, pp. 569-571, v. 11, no. 5, 1999」を参照されたい。この文献には、回折格子と同等の機能を有するアレイ導波路格子型フィルタが示されている。

【0032】

本実施形態に於いて回折格子30は光を分光する物で有れば良い、同様に回折格子34は分光された光を集光する物で有れば良い。従って回折格子に限定されるものではない。

【0033】

例えば回折格子の代用物として、仮想虚像配列素子（VIPA素子）特開平09-043057等を用いることもできる。

【0034】

スペクトル拡散装置は、第三次非線形効果を有する非線形媒質で構成され、媒質中で非線形効果によりスペクトルが拡散する。非線形媒質としては、Geを添加することにより非線形屈折率を高めた高非線形ファイバ、もしくはファイバの断面に複数の穴があいている構成にすることにより、実効コア断面積を小さくし、非線形性を高めたホーリーファイバ等が有効である。スペクトル拡散方法は、特開2002-77052に開示されている。

（付記1）光パルス列を出力する光パルス光源と、

該光パルス光源からの光パルスの形状を三次以上のスーパガウス型に整形する光パルス整形手段と、

該整形された光パルスからなる光パルス列のスペクトルを拡大するスペクトル拡大手段と、

該スペクトルが拡大された光パルス列から各周波数の光を分離する光分離手段と、を備えることを特徴とする多波長光源。

【0035】

(付記2) 前記スペクトル拡大手段は、スペクトルの拡大を、非線形媒質としての光ファイバを利用して行うことを特徴とする付記1に記載の多波長光源。

【0036】

(付記3) 前記スペクトル拡大手段は、スペクトルの拡大を、非線形媒質としての高非線形ファイバあるいはホーリーファイバを利用して行うことを特徴とする付記1に記載の多波長光源。

【0037】

(付記4) 前記光パルス整形手段は、
光パルス列をフーリエ変換する波長分波器と、
フーリエ成分の強度、あるいは強度および位相を制御する空間変調器と、
空間変調された光を合波する波長合波器と、
を備えることを特徴とする付記1に記載の多波長光源。

【0038】

(付記5) 前記波長分波器及び前記波長合波器は、回折格子、あるいは、アレイ導波路格子型フィルタであることを特徴とする付記4に記載の多波長光源。

【0039】

(付記6) 光パルス列を出力するステップと、
該光パルス光源からの光パルスの形状を三次以上のスーパガウス型に整形する光パルス整形ステップと、
該整形された光パルスからなる光パルス列のスペクトルを拡大するスペクトル拡大ステップと、
該スペクトルが拡大された光パルス列から各周波数の光を分離する光分離ステップと、
を備えることを特徴とする多波長光生成方法。

【0040】

(付記7) 前記スペクトル拡大ステップでは、スペクトルの拡大を、非線形媒質としての光ファイバを利用して行うことを特徴とする付記6に記載の多波長光生成方法。

【0041】

(付記8) 前記スペクトル拡大ステップでは、スペクトルの拡大を、非線形媒質としての高非線形ファイバあるいはホーリーファイバを利用して行うことを特徴とする付記6に記載の多波長光生成方法。

【0042】

(付記9) 前記光パルス整形ステップは、
光パルス列をフーリエ変換するステップと、
フーリエ成分の強度、あるいは強度および位相を制御するステップと、
空間変調された光を合波するステップと、
を備えることを特徴とする付記6に記載の多波長光生成方法。

【0043】

(付記10) 前記フーリエ変換ステップ及び前記合波ステップは、回折格子、あるいは、アレイ導波路格子型フィルタを用いることを特徴とする付記9に記載の多波長光生成方法。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】 本発明の実施形態の基本構成を示す図である。

【図2】 液晶空間光変調器の基本構成を示す図である。

【図3】 式の中に出でてくる記号の意味を説明する図である。

【図4】 従来の多波長光源の構成例を示す図である。

【図5】 従来の別の多波長光源を使った光送信装置の構成例及びスペクトル形状を示す図である。

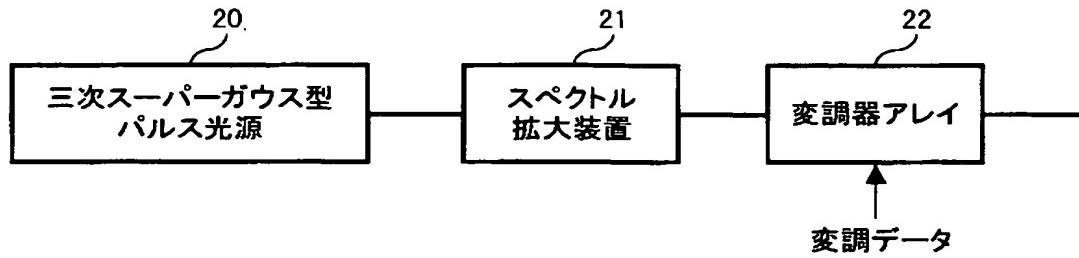
【符号の説明】

【0045】

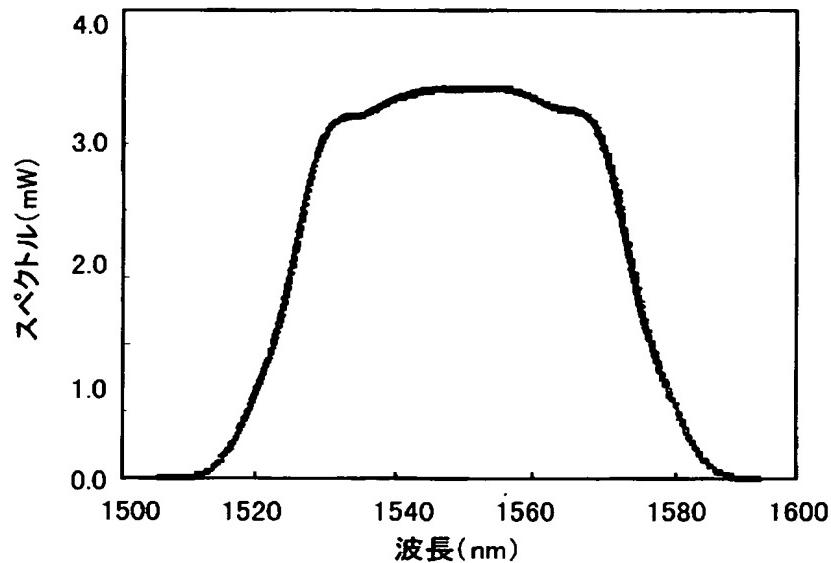
- 20 三次スーパガウス型パルス光源
- 21 スペクトル拡大装置
- 22 変調器アレイ
- 30、34 回折格子
- 31、33 レンズ
- 32 液晶空間光変調器 (LC-SLM)

●
【書類名】 図面
【図 1】

本発明の実施形態の基本構成を示す図



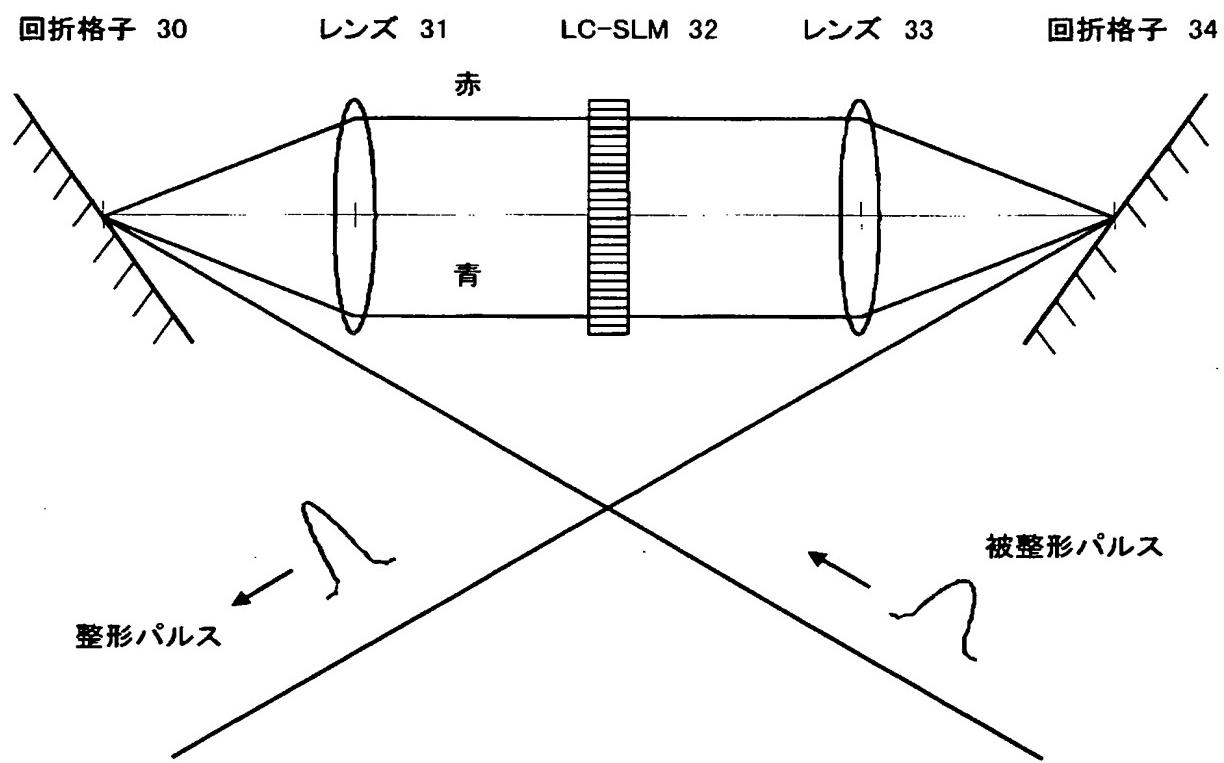
(a)



(b)

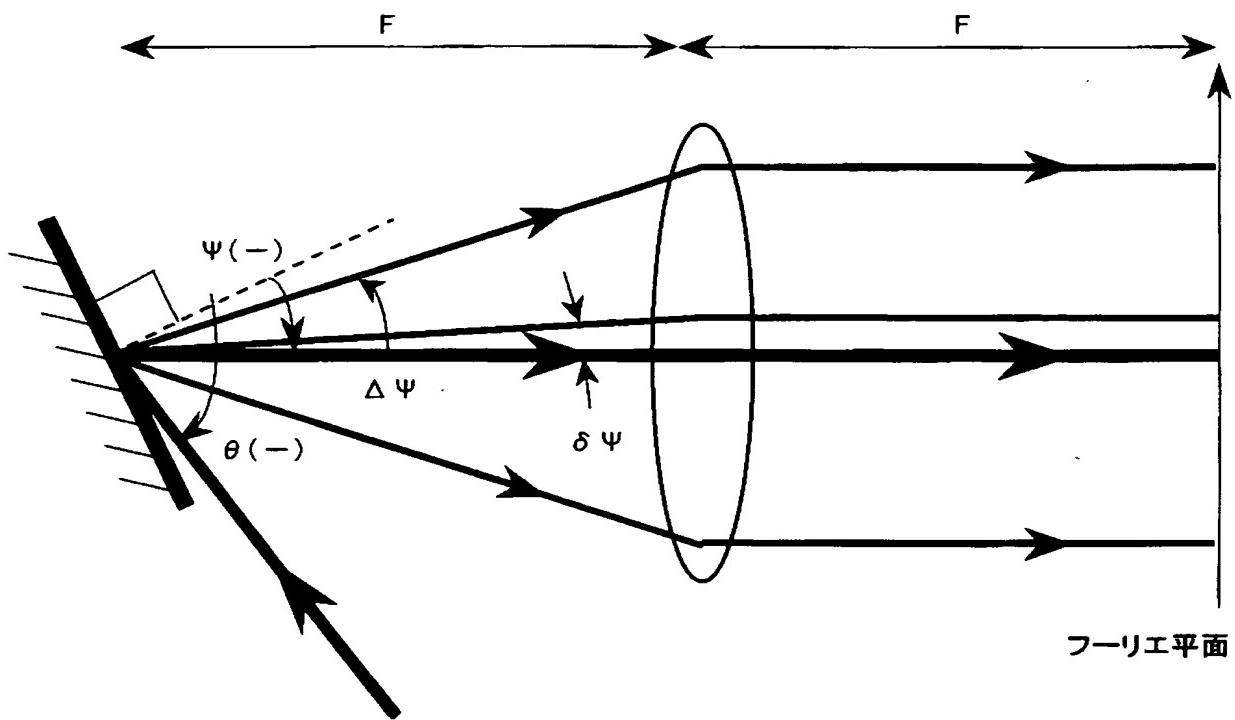
【図2】

液晶空間光変調器の基本構成を示す図



【図3】

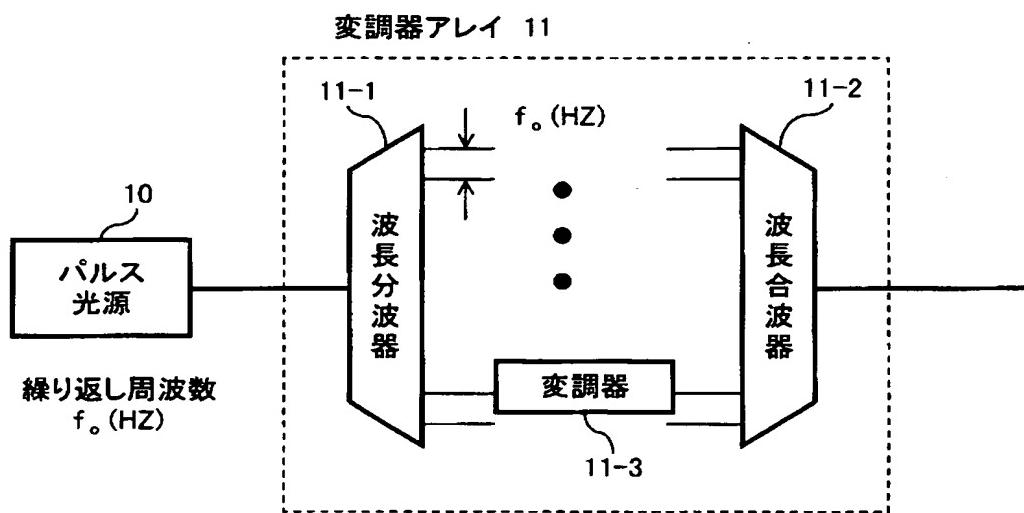
式の中に出てくる記号の意味を説明する図



フーリエ平面

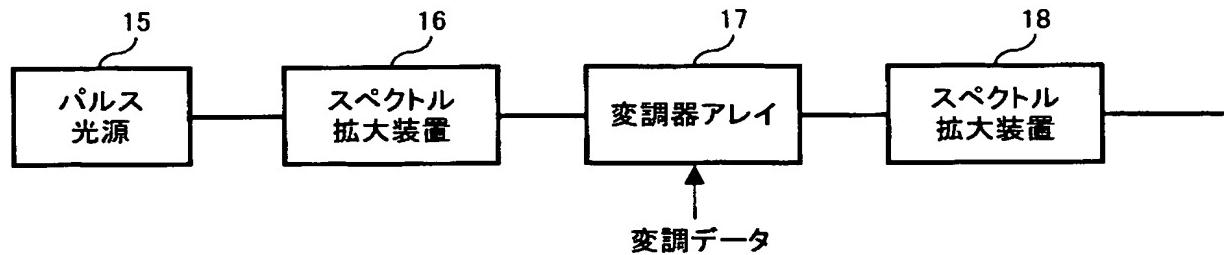
【図4】

従来の多波長光源の構成例を示す図

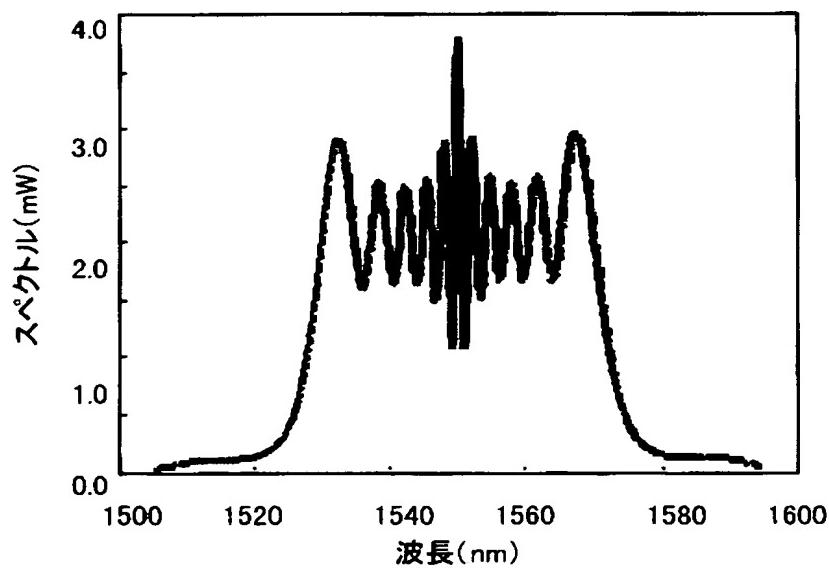


【図5】

従来の別の多波長光源を使った光送信装置の構成例及びスペクトル形状を示す図



(a)



(b)

● 【書類名】要約書

【要約】

【課題】 複数個の単一波長光原を得ることが出来、各波長の出力パワーが同程度の多波長光源を実現する方法及び装置を提供する。

【解決手段】 パルス光源から出力されるパルス波形を整形して、三次以上のスーパガウス型のパルスとして、パルス列を構成し、スペクトル拡大装置に入力する。スペクトル拡大装置では、非線形媒質により、パルス列のスペクトルを拡大し、変調器アレイにおいて、拡大されたスペクトルから縦モード成分を取り出し、それぞれの取り出された縦モード成分を変調データで変調して、最後に、これらを合波して伝送路に送信する。

【選択図】 図1

特願 2003-302727

出願人履歴情報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏名 富士通株式会社